

A Teoria da Transposição Didática de Chevallard, Izquierdo e de Mello (CHIM)

The Didactic Transposition Theory of Chevallard, Izquierdo and de Mello (CHIM)

Luiz Adolfo de Mello

Departamento de Física, Universidade Federal de Sergipe, ladmello@uol.com.br

Resumo: Apresenta-se aqui a versão mais atual da teoria da transposição didática (DT) que engloba e sintetiza a teoria de Chevallard (1991), a Teoria Cognitiva da Ciência (TCC) e Modelos Mentais de Jhonson-Laird (1980). Faz-se uma breve revisão da teoria de Chevallard e se expõe a generalização dessa teoria pelo Autor segundo os trabalhos de Izquierdo-Aymerich (2003). Isto é, propõe-se aqui uma teoria para se estudar a maneira como o conhecimento científico original é traduzido ao conhecimento escolar, ou seja, às teorias e aos modelos didáticos. Isto é, uma teoria para se realizar a análise de como o conhecimento produzido nas ‘esferas acadêmicas’ se modificam, se adaptam, se simplificam e se consolidam como saberes a serem ensinados em sala de aula. Complementando os trabalhos de Chevallard (1982), Brockington (2005) e outros apresentamos as características que definem a razão de um determinado saber estar presente nos livros textos e propomos regras que definam como uma DT deva ocorrer ou ser realizada. Apresentamos a teoria de Brousseau para a transposição didática em sala de aula ou interna, ou seja, o que ele denomina de contrato didático e situação didática.

Palavras-chave: Transposição didática, paradigma científico, atividade científica escolar, análise do livro didático, situação didática.

Abstract: We present the most current version of the theory of didactic transposition that encompasses (synthesizes) Theory of Chevallard (1991), the Cognitive Theory of Science (CTS) and Mental Models of Jhonson-Laird (1980). Is made here a brief review of Chevallard theory and exposes the generalization of this theory by De Mello according to the work of Izquierdo-Aymerich (2003). That is, it is proposed here a theory to study how the original scientific models are transposed to the didactic models. This is to analyze how the knowledge produced in the 'academic spheres' change, adapt, to simplify and consolidate as knowledge to be taught in the classroom. Complementing the work of Chevallard (1982), Brockington (2005) and other we re-present the characteristics that define the reason of a certain knowledge to be present in textbooks and propose rules defining as a DT should occur or be achieved. We present Brousseau's theory for didactic transposition in the classroom or intern, that is, what he calls the didactic contract and didactic situation.

Key Words: Didactic transposition, scientific paradigm, school scientific activity, the textbook analysis, conceptual mapping, didactic situation.

INTRODUÇÃO

Assim, dentro do contexto das políticas editoriais, dos programas nacionais de produção de textos didáticos e da formulação de políticas públicas é de vital importância o modo como o conhecimento científico é transposto aos livros didáticos e como esse é efetivamente ensinado em sala de aula. A teoria científica que aborda essa problemática é denominada Teoria da Transposição Didática. Como se explicará mais a frente não seria possível criar algumas diretrizes gerais para todas as ciências exatas de como deva se fazer a transposição ou tradução para o nível escolar do conhecimento científico ou acadêmico. Assim, vamos apresentar aqui algumas diretrizes de como a TD deva ocorrer para Física e Química de um lado, e do outro lado para a ciência da matemática. Por falta de domínio dos saberes no campo das ciências biológicas deixaremos, por enquanto, estas de lado.

Apresentamos aqui a forma atual da Teoria da Transposição Didática (TD) que denominaremos de Teoria da Transposição Didática de Chevallard, Izquierdo e de Mello (TD-CHIM). A teoria da TD foi concebida por Chevallard (1985) como uma forma de se analisar como o conhecimento produzido nas esferas científicas são transpostos às esferas escolares – ensino básico. A teoria da TD Chevallard está centrada nos aspectos sócio culturais de como ocorre a transformação do conhecimento e não no aspecto semântico e epistemológico desta. Note-se que Chevallard [1989] e outros abordam vários problemas epistemológicos no ensino de matemática ou sua TD, mas como exemplos da intervenção do sistema didático e não como regras gerais de como a TD deva ocorrer.

Como ressalta Halté [1998] Chevallard elaborou a sua “teoria” na forma jornalística. Isto é, na forma de descrição de como a comunidade científica e educadores transformam os saberes acadêmicos em saber escolar. Este define algumas das razões do porque determinado conhecimento é transposto para o ambiente educacional e fornece algumas razões do porque este conhecimento se torna permanente ou obsoleto com o tempo. Halté vai mais longe ao discutir o fato de que a problemática da TD envolve muito mais elementos que o simples saber. Com afirma Halté:

A noção de saberes científicos só designa o *objeto* dos mecanismos da transposição e não interroga os *mecanismos* em si e nem o papel dos atores, cientistas, estudantes, professores, e outros nessa transformação.

Apesar de seu caráter descritivo e conceitual esta teoria acabou se tornando tema de conhecimento e referencial teórico para diversas teorias pedagógicas. Como afirmou Halté [1998]:

Como é possível que uma teoria – a transposição didática – enterrada no turbilhão das teses produzidas nas ciências humanas e depois exumada pela didática da matemática, tenha penetrado, a partir desta última, em todas as comunidades didáticas? Como acontece, atualmente, que todo trabalho de pesquisa em didática encontre-se na contingência, quer de requisitá-la, quer de abandoná-la, de integrá-la, ou, de uma forma ou outra, de explorá-la, criticando-a, refinando-a, completando-a?

As ideias e conceitos desenvolvidos por Chevallard [Chevallard, 1991] foram desenvolvidas no estudo da passagem do “conhecimento” do ambiente de pesquisa para o do ensino básico. Devido à estrutura universitária francesa nesse modelo de transposição didática ele faz a simplificação que o ambiente de pesquisa é único, apesar deste ressaltar que a TD

começa a ocorrer nos meios acadêmicos. Ou seja, que o conhecimento produzido no ambiente de pesquisa já é produzido na forma final para ser transposto diretamente para o ensino médio. Mas, a teoria da TD pode ser aplicada para a estrutura do ensino superior [Mello, 2015a] já que a transformação do Saber Sábio começa nessa Esfera do Conhecimento (ou Epistemosfera). Em particular, com a disseminação dos cursos e programas de pós-graduação criou-se mais um substrato entre o conhecimento produzido nas esferas de pesquisa e o ensino médio. Temos atualmente cinco níveis de apresentação ou transcrição do conhecimento. O nível: 1) Pesquisa; 2) Pós-graduação; 3) Profissionalizante do curso de graduação; 4) Básico da graduação e finalmente o 5) Nível Básico.

Como dito anteriormente [Mello, 2015a] com a ampliação do mercado editorial temos atualmente uma relativa variedade de livros textos produzidos dentro desta epistemosfera. Isso criou a possibilidade e a necessidade de se produzir novas propostas de ensino. Atualmente, temos pesquisas que apontam para o fato de que se devam levar em conta as características gráficas de apresentação do conhecimento [Bolter, 1998; Schnotz, 2005]. Essa produção gerou certa quantidade de livros textos com características, metodologias e objetivos específicos. Com isso a teoria da TD deve abarcar tanto seus aspectos sócios culturais, epistemológicos, semânticos como editoriais.

Assim, temos que uma teoria atual sobre a TD deve levar em conta que esta ocorre em cascata do ambiente de pesquisa para o ambiente de ensino universitário, e deste para o sistema didático do segundo grau [De Mello, 2016a, 2016b e 2016c]. Pode-se mostrar que à medida que o conhecimento vai se transformando, atualizando e se adequando a um determinado nível de conhecimento os seus modelos explicativos vão se adequando ao nível do conhecimento do publico alvo e ao paradigma científico vigente [De Mello, 2016b e 2016c].

De Mello demonstrou [2016a, 2016b e 2016c] que devido às teorias científicas serem elaboradas através de conceitos, denominados de nós ou links por Latour [1999], que mapeamento conceitual é a ferramenta natural e mais adequada para se realizar esta análise.

Chevallard [1991] discrimina a TD em TD externa ou Lato Sensu e a interna ou Stricto Sensu. Chevallard concentra seus estudos na descrição da transposição externa. Isto é, quais mecanismos e atores participam no processo de transformação dos saberes acadêmicos ao livro ou diretrizes didáticas. Tanto Chevallard como eu no meu artigo original não nos preocupávamos como estes saberes (o saber a ser ensinado) se transformava no “saber ensinado” em sala de aula. Nesta versão atualizada deste artigo vamos abordar esta distinção e trataremos brevemente da TD interna principalmente sob a ótica dos conceitos de contrato pedagógico e didático segundo Brousseau [2004].

Neste artigo trataremos em detalhes a TD externa, mas vamos tratar brevemente da TD interna [Agranionih, 2001]. Isto é, faremos um breve resumo das ideias de Brousseau e das metodologias de ensino aplicadas em sala de aula. Como poderão ver abaixo, Brousseau faz um estudo mais detalhado da TD interna, mas, como Chevallard, sua teoria é descritiva e não propriamente uma metodologia de ensino.

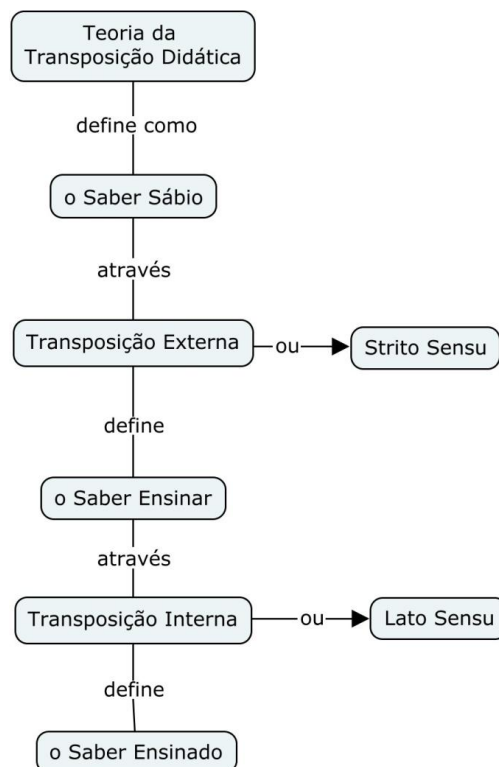


Figura 1 – A Teoria da Transposição Didática após Brousseau.

A Transposição Didática Interna

Após educadores, escritores de livros didáticos e os tomadores de decisões das secretarias de educação decidirem o que deve e como deve ser ensinado em sala de aula, cabe ao professor decidir como estas normas e conteúdos serão efetivamente operacionalizados em sala de aula. No caso das metodologias propedêuticas ou de aprendizagem bancária [Paulo Freire, 1997] o professor é o detentor do conhecimento e os alunos devem ouvir e operacionalizar o que o professor ensina. Neste tipo de metodologia de ensino só há relação entre o professor e os alunos. E esta é a de subserviência por parte dos estudantes. Nas demais metodologias além dos estudantes dialogarem com o professor, estes também interagem com o saber. Para isto o professor deve criar um ambiente especial de aprendizagem que ele cunhou o termo *milieu*. Assim, para cada metodologia de ensino o professor deve preparar o *milieu* mais apropriado para este. Por exemplo: sala de informática, de laboratório, ludoteca, etc.

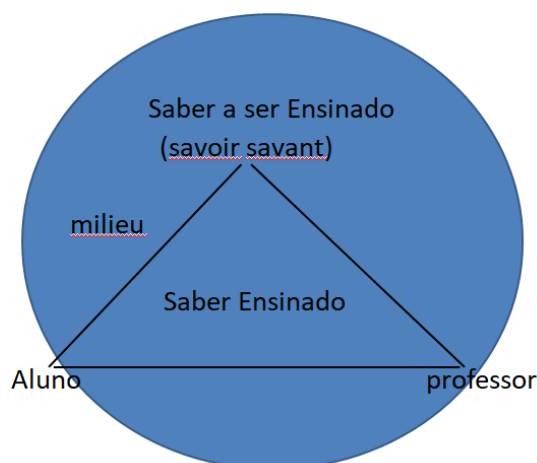


Figura 2 – Triângulo Didático de Brousseau

A SITUAÇÃO DIDÁTICA

Como nas metodologias de aprendizagem ativas e por descoberta o professor não é um mero transmissor de conhecimentos e os alunos os receptores. O saber ensinado ocorre dentro de uma relação entre três sujeitos: professor, alunos e saber. Estas relações são determinadas pela metodologia de ensino utilizada. A relação entre o saber e o professor ocorre tanto na preparação da aula como na forma como o professor administra ou rege a aula. A relação saber e estudante se dá no momento antes, durante e após aula e esta é regida em grande parte pela metodologia de ensino utilizada nas aulas. Na aula esta relação é regida pelo milieu preparado pelo professor. No Just'in Time Teaching esta relação é mediada pelos clicks e pelas formações de duplas de discussão; nas aprendizagem baseadas em projeto esta relação é mediada pela formação de grupos de pesquisa e pelos objetivos do projeto e assim por diante. A relação discente e docente é determinada pela metodologia de ensino empregada. Ver figura 3.

Brousseau denomina essas relações de “Situações Didáticas”. Para Brousseau, a situação didática consiste em:

[...] um conjunto de relações explícitas ou implícitas que estabelecem entre si um aluno ou grupo de alunos, um meio-ambiente (incluindo eventualmente instrumentos ou objetos) e um sistema educativo (representado pelo professor) que visa fazer com que estes alunos se apropriem de um saber já constituído ou em vias de se constituir (Brousseau, 1998).

Na didática da matemática Brousseau está preocupado em criar um ambiente artificial, escolar, que imite um ambiente acadêmico. Além disso, este deseja que este ambiente crie condições para que os estudantes sintam motivados a fazer descobertas matemáticas. Estas podem ocorrer através de jogos, problemas e situações empresariais, como no caso dos jogos de mercado.

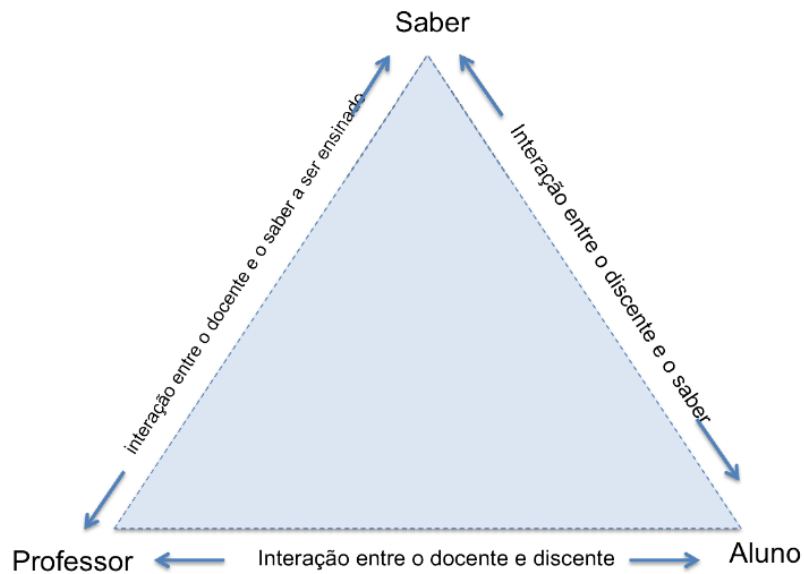


Figura 3 – Triângulo Pedagógico (Houssaye, 1992)

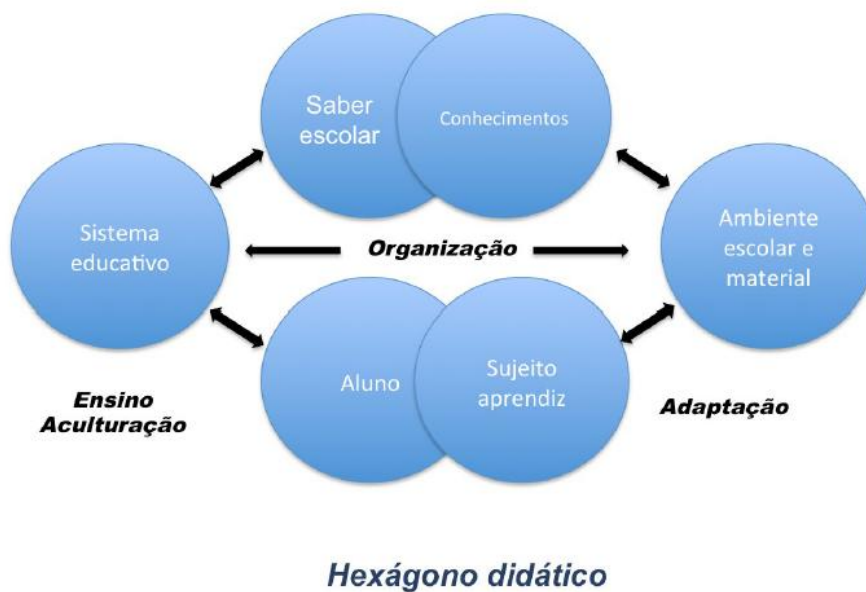


Figura 4 - Hexágono didático/pedagógico (Brousseau, 2011).

Dependendo do meio – escola, rede de ensino privado ou público – o professor terá um ambiente de ensino. Devido a excelente formação em filosofia e sociologia dos professores franceses Brousseau conseguiu perceber que este meio também faz parte integrante do projeto pedagógico. Assim, Brousseau (2011) admite a existência de um sistema de interações, porém, identifica outros fatores interagindo no sistema: o meio ambiente material e escolar e o sistema educativo, como fatores fortes. Ele indica, além disso, dois fatores mais discretos: a interação entre o sistema e a pessoa aluno/aprendiz. A pessoa aluno, em interação com as regras do sistema educativo; e a pessoa (a mesma) do aprendiz, como sujeito que interage com o professor e com o conhecimento [Aristides, 2018]. Ver figura 4.

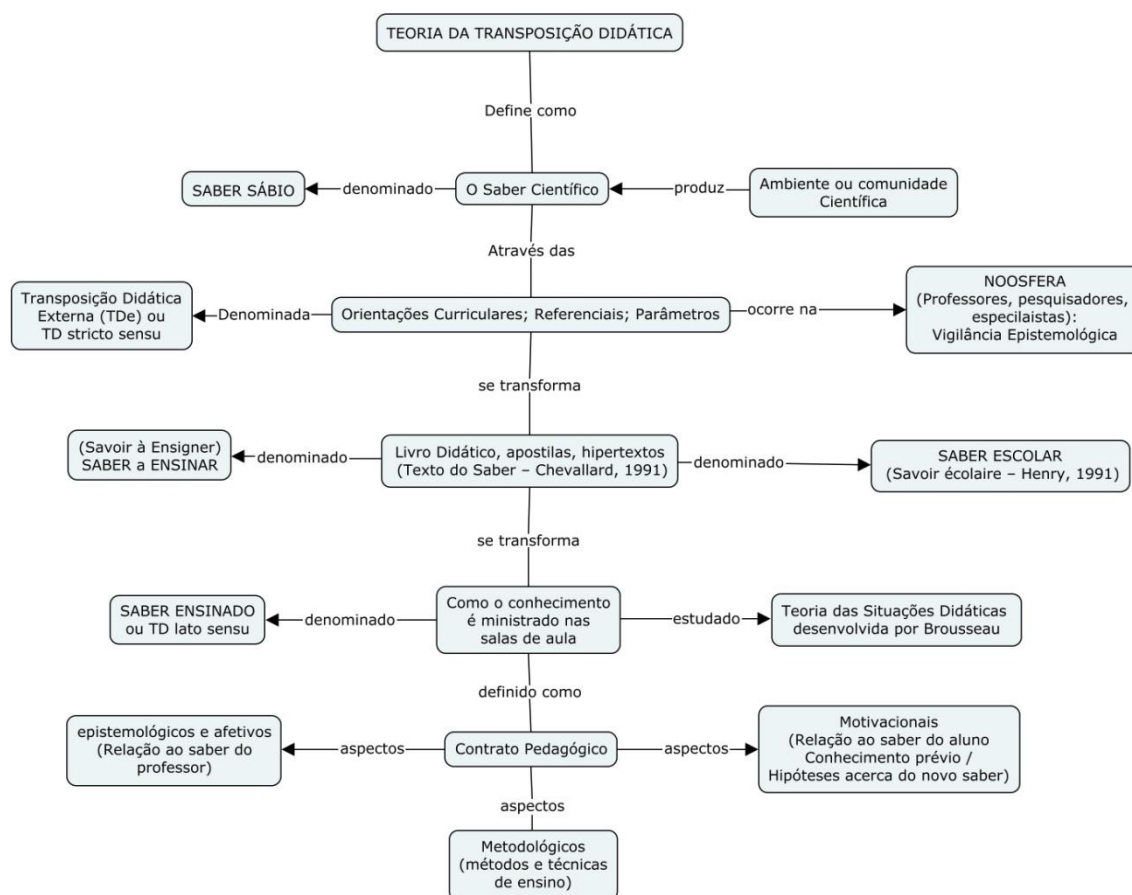


Figura 5 – A Teoria da Transposição Didática mais o Contrato Pedagógico

CONTRATO DIDÁTICO

Seguindo a linha de raciocínio de Neuza B. Pinto [2003] para entendermos o que Brousseau define como sendo contrato didático e não nos confundirmos com o conceito geral de contrato temos a definição original de contrato:

É um pacto entre duas ou mais pessoas, que se obrigam a cumprir o que foi entre elas combinado sob determinadas condições.

Como no caso geral, este pacto pode estar preestabelecido por uma das partes, como um contrato de venda onde só se pode negociar os prazos de pagamento. Em alguns casos este pacto é negociado de forma democrática e bilateral, mas sempre regido pelas leis vigentes que regulamentam o setor.

Da mesma forma, Brousseau se conscientiza de que existe subliminarmente um contrato que ele denomina de didático entre os parceiros ou atores de uma aula. Mesmo no caso propedêutico há um contrato didático implícito, isto é, os alunos devem ouvir o professor, anotar as aulas, estudar e fazer as provas. Mesmo na metodologia de aprendizagem por descoberta é o professor com o aval da instituição de ensino que prepara e administra as sequências didáticas e o milieu de forma que o discente se apropriem por si só dos conhecimentos. Na metodologia Just'in Time Teacher este contrato está bem explícito. Os alunos são informados e em encorajados a ler o material instrucional antes das aulas, sob o

estimulo externo das atribuições de notas, e de formarem pares de grupos de discussão durante as aulas. E demais exemplos.

Broussaeu formaliza a existência deste contrato, de agora em diante denominado de contrato didático e o define de forma descritiva. Como salientado por diversos autores [Haltê, 2008; Pinto, 2003] pesquisadores Franceses da Didática da Matemática discutiram, intensamente, o conceito de contrato didático e o descrevem da seguinte forma:

O aluno e o mestre não ocupam posições simétricas na relação com o saber. O segundo não somente “sabe” mais que o primeiro, mas tem a responsabilidade de organizar as situações de ensino consideradas favoráveis para as aprendizagens do primeiro. Conseguir tratar a eventual estrutura comum dessas situações ao mesmo tempo em que sua diversidade, suas características diferentes, seus alcances e limitações subsequentes levam a uma decisiva clareza dos atos didáticos (JOSHUA; DUPIN, 1993, p. 249).

Pinto [2003] sintetiza a ideia construída por estes pesquisadores sobre o contrato didático

Esses autores observam que em toda situação de ensino há um contrato didático implícito que vai se constituindo à medida que são efetivadas as responsabilidades recíprocas do professor e do aluno na gestão dos saberes. Ao longo do curso, ou do programa, as relações com o saber vão apresentando determinadas características, evoluindo ou transformando-se em rotinas.

A ideia de contrato didático foi evoluindo a tal ponto que esta passou a fazer parte integrante do sistema didático e da transposição didática (interna). Ver figura 5.

Essa mobilidade do contrato é que irá permitir, aos atores envolvidos, efetivar seus papéis de aprendizes e produtores de conhecimento. O motor do contrato didático é, portanto, a relação didática mantida com o saber. [Pinto, 2003]

Apesar dessas ideias estarem posta de forma puramente conceitual e descritiva estou propondo aqui que há maneiras de se verificar experimentalmente que esta relação contratual fica inserida na estrutura cognitiva dos estudantes e dos professores. Assim estou propondo fazer a pesquisa anexada no apêndice deste artigo e resumida abaixo.

Resumidamente vamos aplicar a um grupo significativo de alunos um conjunto de problemas de aritmética, cuja solução resulte em somas ou subtrações dos dados fornecidos. Dividiremos estes problemas em duas etapas. Em uma primeira etapa, que deve ocorrer no final das “aulas de somas”, aplicaremos somente problemas cuja solução implique na soma das informações fornecidas. Na segunda etapa, que deve ocorrer no final das “aulas de subtrações”, aplicaremos problemas que resultem em subtrações. No meio desta segunda série de problemas haverá um exemplo mal formulado cuja interpretação leve a uma soma. O intuito é averiguarmos os alunos que: a) não atingiram o “ponto” de aprendizagem significativa do tema (interpretar problemas de subtração); b) atingiram o “nível” de aprendizagem significativa. Em relação ao problema dúbio: a) observarmos os alunos que

interpretaram o problema, mas como este não estava no escopo, contrato pedagógico, não o resolveram; b) aqueles que o interpretaram corretamente e realizaram a soma; c) e aqueles que o resolveram, subtraindo, através da interpretação do contrato pedagógico. Para isso faremos a análise estatística (correlação) entre os dados e através das gravações e entrevistas com os alunos.

A TEORIA DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DE CHEVALLARD, IZQUIERDO E DE MELLO (TD-CHIM)

Resumidamente a Teoria da Transposição Didática é uma teoria que envolve a epistemologia da ciência, a teoria cognitiva da ciência, a didática do ensino e teorias sociais para se entender, criar regras e estudar os mecanismos que regem o processo de transformação do conhecimento produzido nas esferas de pesquisa, para o campo acadêmico, deste para os livros didáticos e deste para a sala de aula do ensino básico.

Chevallard (1991, apud Alves-Filho, 2000) classifica o conhecimento em três categorias. O conhecimento acadêmico, denominado por ele de Saber Sábio. O conhecimento contido nos livros didáticos, o Saber a Ensinar. E o conhecimento como ensinado em sala de aula, ou o Saber Ensinado.

É dentro deste contexto que a teoria da TD de Chevallard lida com a problemática de se entender, classificar e estudar como o conhecimento produzido nas esferas acadêmicas vai se adequando, se adaptando e se transformando no conhecimento científico ensinado em sala de aula¹.

- Segundo essa teoria, um conceito ao ser transferido, transposto, de um contexto ao outro, passa por profundas modificações. Ao ser ensinado, todo conceito mantém semelhanças com a ideia originalmente presente em seu contexto da pesquisa, porém adquire outros significados próprios do ambiente escolar no qual será inserido. Esse processo de transposição transforma o saber, conferindo-lhe um novo status epistemológico (Astolfi, 1995; apud Brockington, 2005).

Pode-se demonstrar [De Mello, 2016b] que o que a ciência escolar e a ciência dos cientistas têm em comum é que suas idéias teóricas, seus conceitos, foram presos e selados dentro de caixas-pretas após ter ganho importância e depois de se tornarem mais "sólidos" e "fortes", ou seja, depois de "consolidados". Tese de Latour (1999). Que tal processo de embalagem deixa de fora detalhes, explicações e razões que antes eram necessárias para convencer os outros do seu "poder original de explicar" - tanto a nível científico, bem como a nível didático [Izquierdo, 2003].

Demonstra-se em De Mello (2016b, 2016c), para o caso do tópico da Física denominado Efeito Fotoelétrico, que atualmente o conhecimento científico é estruturado didaticamente nas suas transcrições aos livros textos em: a) os modelos; b) o cerne da teoria; c) fatos experimentais; d) os conceitos chaves; e) a metodologia e f) as aplicações da teoria. Assim, se torna necessário compreender como essas “peças do conhecimento” são inseridas, suprimidas, e resumidas para tornar cada texto um todo coerente.

¹ Aqui se entende sala de aula a aula ministrada no ciclo básico.

Em De Mello (2016a, 2016c) divide-se a teoria da TD em duas partes. Uma parte da teoria lida com as influências socioculturais sobre a didática do ensino [Chevallard, 1991 ; Brockington, 2005]. E a outra se preocupa com os aspectos epistemológicos e semânticos das teorias e de como estas são transpostas aos livros textos [De Mello, 2016a, 2016b e 2016c].

Em sua teoria Chevallard divide o processo da TD em três etapas. Assim, a TD de Chevallard estuda como o Saber Sábio se transforma no Saber a Ensinar e como este se transforma no Saber Ensinado. De Mello (2016a, 2016b e 2016c) demonstrou que a teoria da TD deve considerar que o conhecimento produzido nas esferas de pesquisas é consolidado e/ou normatizado nos programas (esfera) de pós-graduação (o Saber Sábio), em seguida transposto ao nível do Bacharelado e finalmente é transcrito ou adaptado ao nível do ciclo básico (o Saber a Ensinar). Isso se faz necessário, pois temos atualmente livros textos elaborados para os cursos de pós-graduação e para a graduação. Sendo rigoroso teríamos que subdividir a graduação em nível profissionalizante e ciclo básico universitário. Ver De Mello (2016a). Assim, temos que dividir o Saber Sábio em três partes. O Saber Sábio (Nível Pesquisa), o Saber Acadêmico (Nível Pós) e o Saber Universitário (graduação).

O Saber Sábio → Saber Acadêmico → Saber Universitário → Saber a Ensinar → Saber Ensinado.

Após Chevallard, para que possamos entender profundamente como o conhecimento científico é transcrito aos livros didáticos temos que incluir na sua análise o meio externo no qual este ocorre. Essa transformação ocorre dentro de um ambiente ou dentro de uma esfera universitária (o Sistema Didático) que se encontra dentro de um pequeno universo que é o ambiente externo (o Sistema de Ensino).² Além destes ambientes temos o ambiente escolar onde ocorre efetivamente a TD. Isto é, temos que levar em consideração que existem fatores externos ao sistema escolar, inseridos em um ambiente mais amplo, onde todas estas esferas coexistem e se influenciam [Brockington, 2005].

Chevallard (1991) usa a palavra noosfera para designar e englobar os elementos participantes e que regulamentam a seleção e a determinação das modificações que o conhecimento científico sofrerá para se transformar em conhecimento escolar. A noosfera é composta, por cientistas, educadores, professores, políticos, autores de livros didáticos, entre outros [Brockington, 2005]. Devido à diversidade e riqueza de fatores existentes na esfera acadêmica que regulamentam a seleção e a normatização do conhecimento científico De Mello denominou este ambiente de epistemosfera.

Dentro desta epistemosfera temos, para o caso dos cursos de exatas, livros de Física escritos para cursos baseado no cálculo e outros baseado na álgebra. Temos livros de Física Conceitual, Física para Engenheiros e tradicionais. O equivalente para a disciplina de matemática seria os livros de cálculo elaborados especificamente para os cursos de engenharia em contraposição aos usados nos cursos de matemática. E os livros de matemática para os cursos de administração e economia. De Mello (2016b e 2016c) demonstrou que a TD para o ciclo básico ocorre destes textos e não dos artigos originais. Deste modo uma teoria da TD

² Isso é inteiramente verdade no EUA e na Europa. Mas, por exemplo no Brasil, isso não é inteiramente verdade.

deve estudar e rastrear como o conhecimento ou Saber Sábio vai se transformando na epistemosfera até chegar ao Saber Ensinado.

Após esta fase, o conhecimento é transformado dentro do contexto das políticas editoriais, dos programas nacionais de produção de textos didáticos e da formulação de políticas públicas até atingir os livros didáticos e ser efetivamente ensinado em sala de aula. É nesse momento que as metodologias de ensino e as propostas pedagógicas entram em cena. Ou seja, ao se estudar ou analisar as transformações que o conhecimento sofre até chegar ao ambiente escolar devemos considerar tanto os aspectos epistemológicos da ciência como os seus aspectos didáticos pedagógicos e metodológicos.

Como toda teoria das ciências humanas e sociais, a teoria da TD não contém Leis ou regras “fechadas” que definam como uma TD deva ocorrer ou ser realizada. Mas, mesmo assim Chevallard e Brockington propuseram algumas características que definem a razão de um determinado saber estar presente nos livros textos. Chevallard (1991) define algumas dessas características³. Em resumo estes são (Brockington, 2005):

1 – Consensual: Os integrantes da Noosfera devem concordar que um dado conhecimento esteja definitivamente estabelecido. Ou seja, que não seja ainda especulativo ou que não haja dúvidas na comunidade científica.

2 – Atualidade Moral: Os integrantes da Noosfera devem concordar que um dado conhecimento seja relevante e necessário de modo a ser inserido ou permanecer no currículo escolar.

3 – Atualidade Biológica: Os conteúdos ministrados devem ser coerentes com as teorias ou modelos atuais ou aceitos pela comunidade científica⁴. Apesar de isto ser aparentemente óbvio, há exceções pedagógicas. Por exemplo, temos o fato que os modelos de Thomson, Rutherford e Bohr continuam sendo ensinados nas escolas.

4 – Operacionalidade: Para que um Saber seja transposto e permaneça nos currículos escolares este deve gerar questões, exercícios e problemas. Como exemplo temos que a totalidade dos livros didáticos abordam em detalhes a teoria do efeito fotoelétrico e por outro lado poucos abordam em detalhes a teoria da radiação de corpo negro.

5 – Criatividade Didática: Chevallard cunha este termo para poder explicar a razão de se ensinar temas da ciência que atualmente não fazem parte do campo da pesquisa.

6 – Terapêutica: Uma das razões de um determinado saber permanecer nos currículos escolares está no seu sucesso em sala de aula.

Devido aos grandes avanços científicos e tecnológicos, e as necessidades de atualização do currículo escolar, Chevallard e Johsua (1982, apud Astolfi, 1995) elaborou mais cinco regras para a TD (Alves-Filho, 2005). Vamos enumerar abaixo somente as suas duas primeiras, que do nosso ponto de vista se encaixam dentro desta classificação, ou seja:

7 - Modernizar o saber escolar. Os currículos devem abordar temas atuais, como: a) supercondutividade; b) nanotecnologia; etc.

8 - Atualizar o saber a ensinar. Os agentes da noosfera devem definir quais saberes devem ser retirados dos livros texto por estarem obsoletos.

³ Características da TD externa.

⁴ Mais detalhes ver Brockington (2005).

Do nosso ponto de vista a quarta regra de Astolfi (1995) está compreendida na diretriz 4 (Operacionalidade) de Chevallard. E as regras 3 e 5 se enquadram em diretrizes ou sugestões de como a TD deva ser efetuada.

TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E O MODELO COGNITIVO DA CIÊNCIA

Contribuições recentes da epistemologia da ciência para o ensino de Ciências originou uma nova abordagem (teoria) desta última denominada de “modelo cognitivo da ciência” (TCC) que se origina da filosofia kuhniana da ciência [Izquierdo, 2003]. Junto com a teoria da “transposição didática” sugerem a possibilidade de se analisar com muito mais profundidade como o conhecimento produzido nas esferas científicas são transpostos às esferas escolares.

De Mello (2015b e 2015c) demonstrou que para se compreender como o conhecimento produzido nas esferas de pesquisa (o Saber Sábio) é transposto às esferas escolares devemos levar em consideração o que se entende atualmente por conhecimento científico e fazer ciência.

Segundo Izquierdo-Aymerich⁵ (2003) quando se simplifica ou define-se com propósitos didáticos o que seja ou fazer ciência podemos descrevê-la como um modo de pensar e agir a fim de interpretar certos fenômenos e de intervir através de uma série de conhecimentos teóricos e práticos estruturados. Como resultado do ensino de ciências é desejável que os alunos entendam que o mundo natural apresenta certas características que possam ser modeladas teoricamente. Devido a isso apresentamos a eles, fazendo uma TD, alguns fatos reconstruídos, modelos teóricos, argumentações e proposições que foram selecionados previamente. Esta é a versão para as ciências naturais da definição de milieu de Brousseau [1998].

Além disso, se a aula de ciências for realizada de acordo com os princípios da aprendizagem significativa (Ausubel, 1977 e 2003), ou seja, de uma transposição didática bem executada (Chevallard, 1990), os professores estarão comprometidos na tarefa de conectar modelos científicos aos usados pelos próprios alunos, recorrendo a analogias e metáforas que possam ajudá-los a se mover a partir do último para o primeiro (Duit, 1991; Flick, 1991; Ingham, 1991; Clement, 1993).

Assim, temos que para ensinar ciências temos que ensinar sistemas ou métodos de se adquirir conhecimento e, ao mesmo tempo, ensinar como chegar a esse corpo organizado de conhecimentos a partir destes. Mas, em geral isso é impossível de se reproduzir em sala de aula [Izquierdo, 1999]. Assim, surge a questão: O que é ensinar ciência em sala de aula do ciclo básico do ensino como do superior?

Se analisarmos os livros textos escritos para o ensino médio, sob o ponto de vista do conhecimento e de seu método de se obter, veremos que estes se classificam em dois tipos: a) os que iniciam expondo a teoria e em seguida apresentando os fatos experimentais que redundaram em sua formulação ou descoberta como uma mera confirmação de sua validade ou importância. b) e os que começam expondo os fatos experimentais que redundaram em sua formulação e colocando a teoria como consequência direta destes fatos. Com a introdução de

⁵ The following two paragraphs are a collection of statements that together form a definition of that is the DT from the TCC point of view.

metodologias modernas de ensino temos algumas versões alternativas de exposição dos textos didáticos. Temos livros textos escritos sob a metodologia da aprendizagem em problemas (Glencoe, 2005) em que cada tópico é precedido e motivado pela apresentação de um enigma que contextualiza a necessidade da busca ou formulação da teoria.

Como toda teoria das ciências humanas e sociais, a teoria da TD não contém Leis ou regras “fechadas” que definam como uma TD deva ocorrer ou ser realizada. Devido a grande diferença entre a forma como são elaborados os livros, sofrendo uma TD, de Física e Química por um lado e de Matemática do outro vamos analisar em separada estes dois casos. Dentro do contexto atual do ensino de ciências no ciclo básico e universitário podemos sugerir algumas diretrizes de como a TD deva ser efetuada.

1 – Particionar o conhecimento: Dividir em suas partes constituintes, ou seja, entre teoria, modelo, fatos experimentais, aplicações, fatos históricos, etc.

2 - Articular o saber “novo” com o “antigo” (Chevallard, 1982; apud Astolfi, 1995): Ao ensinar uma nova teoria, como por exemplo, a relatividade restrita, o autor e/ou professor deve tomar cuidado de deixar claro que a antiga (no caso a mecânica clássica) ainda é válida dentro de seus limites de validade (às baixas velocidades).

3 - Tornar um conceito mais compreensível (Chevallard, 1982; apud Astolfi, 1995): Devemos reescrever ou relaborar um conceito para o nível de compreensão dos estudantes.

4 - Tornar um modelo significativo: adaptar e/ou modificar os modelos teóricos, ou modelos científicos para o nível de compreensão dos estudantes. Ou conecta-lo aos usados por estes.

5 – Simplicidade Matemática: O conhecimento científico deve ser reelaborado usando um formalismo matemático apropriado a cada nível escolar.

6 – Atualidade pedagógica: O conhecimento científico deve ser reelaborado de acordo com uma metodologia de ensino. Por exemplo, de acordo com a metodologia da aprendizagem baseada em problemas.

7 – Atualidade funcional: O conhecimento científico deve ser reelaborado de acordo com o tipo de formação desejada aos estudantes. Por exemplo, texto para formar engenheiros.

Como justificativa a introdução das diretrizes 6 e 7 temos atualmente diversos cursos universitários com diversas propostas pedagógicas. Alguns se propõe formar cientistas em geral e outros a formar profissionais para o mercado de trabalho. Uma linha de educadores defendem que o ensino de ciências deve de algum modo refletir o que seja a atividade científica e o fazer ciências. Já outros defendem que a ciência deve ser ensinada de forma objetiva. Isto é, deve-se ensinar seus conceitos, teorias e aplicações sem se preocupar com o fazer ciência. Logo, o ensino de ciência na escola não pode ser baseado estritamente na analogia do aluno como um futuro cientista, ou seja com uma base científica forte [Izquierdo-Aymerich, 2003].

Na primeira linha Izquierdo-Aymerich e Aduriz-Bravo (2003) distinguem entre as características de duas ciências, a ciência dos cientistas e a que eles denominam de ciência da escola. Elas argumentam que ambas as ciências têm um objetivo cognitivo comum: compreender o mundo e comunicar ideias teóricas com precisão e de forma significativa. Além disso, elas propõem que o processo de transposição didática consiste em recriar a ciência dos cientistas nas salas de aula, de acordo com seus próprios valores, condições

institucionais, ferramentas retóricas e objetivos educacionais, para convertê-la em ciência da escola.

A TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA DO SABER MATEMÁTICO

Da mesma forma que lermos em um artigo ou em uma enciclopédia nunca teremos ideia do que seja a “ciência”⁶ Música como esta é compreendida pelos grandes gênios, temos também que pouquíssimos físicos compreendem a Física como entendida pelos grandes gênios da Física como Albert Einstein, J. Clark Maxwell, Isaac Newton, etc. Do mesmo modo seria impossível aqui fornecer uma definição completamente geral do que seria a Matemática. Vejamos algumas definições do que seria a ciência Matemática encontrada na literatura para podermos justificar a nossa opção por definir esta sob o ponto de vista dos cientistas da didática da matemática e dos neuropsicologistas.

Em seu excepcional tratado introdutório, "O que é matemática?" Courant e Robbins escreveram:

A matemática como expressão da mente humana reflete a vontade ativa, a razão contemplativa e o desejo de perfeição estética. Seus elementos básicos são a lógica e intuição, análise e construção, generalização e individualização. Embora tradições diferentes possam enfatizar aspectos diferentes, é apenas a interação dessas forças antitéticas e a luta por sua síntese que constituem a vida, a utilidade e o valor supremo da ciência matemática. (Courant & Robbins, 1941/1978, p. I).

Do ponto de vista da didática da matemática e do ensino temos a seguinte questão: Esta capacidade de percepção e de raciocínio lógico está disponível ou seria alcançável por qualquer um? Isto é, haveria um método de ensino ou educação que permitiria qualquer ser humano atingir esta meta? A resposta é não. Pois, isto implicaria que todas as pessoas fossem completamente iguais. Mas nem todas as pessoas estão dispostas, por motivação intrínseca, a fazer o esforço e ter a dedicação necessária para poder obter o grau de abstração e a habilidade de raciocínio matemático exigido.

Teríamos uma definição mais tangível desta ciência. Como podemos ler em Ponte [1992]

a matemática pode ser encarada como um corpo de conhecimento, constituído por um conjunto de teorias bem determinadas (perspectiva da Matemática como “produto”) ou como uma atividade (constituída por um conjunto de processos característicos). Pode-se ainda argumentar que tanto o produto como o processo são igualmente importantes, e só fazem sentido se equacionados em conjunto. Será impossível nesse caso explicar a alguém o que é a Matemática sem apresentar um exemplo em que simultaneamente se usem os seus processos próprios e se ilustre com conceitos de uma das suas teorias.

⁶ Uso o termo ciência para poder englobar em uma única palavra todos os ramos dos saberes que compõe este campo do saber.

P. Ernest em seu artigo “The philosophy of mathematics and the didactics of mathematics” afirma:

Essencialmente, a matemática deve ser considerada sob dois pontos de vista: (a) a matemática como um corpo formal e dedutivo de conhecimentos, conforme exposto em tratados e livros de alto nível; (b) a matemática como atividade humana.

Assim a Matemática é um saber científico como definido por Chevallard [1982]. Isto é, um conjunto de conhecimentos definido em cada época que deve ser apropriado pelos seres humanos. Mas há uma diferença fundamental entre a Matemática e as demais ciências. Enquanto que nas outras ciências, mesmo estando bem formalizada, suas teorias podem ser rejeitadas pelo fato de suas conclusões não poderem ser confrontadas com a experiência, a matemática existe por si só. Isto é, ela só depende do rigor do raciocínio matemático. O caráter preciso e formal dos argumentos matemáticos permite-lhes resistir à crítica e são autossuficientes mesmo quando são bastante complexos (Schwartz, 1978). Os argumentos das restantes ciências são também precisos, mas, uma vez que estão sujeitos ao confronto com a experiência, o seu caráter não necessita estar formalizado⁷. Mas o que seria este rigor matemático e o seu caráter formal e preciso?

O ponto central aqui é que a matemática é ao mesmo tempo conhecimento e uma forma de raciocínio. Analogamente ao princípio da dualidade onda-partícula, a matemática é uma ciência dual. Ela possui um corpo de conhecimentos - aritmética, álgebra, análise infinitesimal, teoria das probabilidades, teoria dos conjuntos, topologia, geometria diferencial, análise funcional..., mas ela é construída usando as regras da lógica e formalismo matemático, e ela é a ferramenta na qual se “constrói a estrutura” formal de todas as outras ciências. Há no mínimo uma análise estatística corroborando algumas afirmações, informações e consequências de um dado modelo ou teoria. Assim tivemos que criar os critérios 9, 10 e 11 abaixo da TD-Math para poder o ensino e compreensão desta concepção da ciência matemática.

Para ficar mais claro esta posição vejamos na ordem inversa do ponto de vista dos matemáticos sócio-construtivistas o que seriam as habilidades ou competências matemáticas do saber matemático [Ponte, 1992]. Podemos distinguir quatro níveis de competências no saber matemático, de acordo com a sua função e nível de complexidade. Teremos assim as competências elementares, intermediárias e complexas, e os saberes de ordem geral (ver tabela 1).

Quando estudamos a história da ciência em geral, os documentários televisivos ou da web somos levados a pensar que os saberes de ordem geral ou este tipo de apreciação da matemática está restrito a alguns poucos sábios. Que este tipo de visão (capacidade) estaria mais restrito a superdotados como Isaac Newton, Gauss, Leibnitz, Albert Einstein, etc. Esta visão ou apreciação da matemática só seria alcançada por uns poucos. Ao se ler Carl B. Boiler sobre a vida e o papel de Leonhard Euler na matemática poderemos constatar nas palavras de Lagrange que quem quisesse aprender Física deveria estudar Euler. Isto é, a Física tal a qual entendemos hoje em dia é a reformulada ou que teria sofrido uma transposição didática segundo os saberes de Euler. Deste modo até a visão estética da ciência que os grandes

⁷ A formalização da teoria matemática subjacente fica a cargo dos matemáticos ou dos físicos matemáticos.

cientistas e matemáticos possuem depende da transposição ou formalização que outros cientistas criaram. Não é um “dom” ou capacidade geral. Por isso que os textos sobre o ensino de matemática não citam ou só apontam estes em suas notas introdutórias.

Deste modo os saberes de ordem geral e as competências avançadas, segundo a definição dos educadores, só são alcançadas ou exigidas dos estudantes do ciclo profissionalizante do bacharelado e da pós-graduação dos cursos de matemática. Talvez ainda sejam exigidos em outros cursos em países como a França, Alemanha, Rússia, etc.

As competências intermediárias e as elementares, segundo as exigências do Programme for International Student Assessment (PISA), devem ser alcançadas ou conquistadas no fundamental e no ciclo intermediário do ciclo básico escolar. Pelo ranking deste exame constatamos que a maioria dos Países está muito aquém deste objetivo. Deste modo as diretrizes e ideias defendidas aqui devem ser entendidas como tal e não como leis ou fatos exatos.

<p><i>Saberes de ordem geral</i></p> <p>Conhecimentos dos grandes domínios da Matemática e das suas inter-relações Conhecimento de aspectos da história da Matemática e das suas relações com as ciências e a cultura em geral Conhecimento de momentos determinantes do desenvolvimento da Matemática (grandes problemas, crises, grandes viragens)</p>
<p><i>Competências avançadas (ou de ordem superior)</i></p> <p>A exploração/investigação de situações; a formulação e teste de conjecturas A formulação de problemas A resolução de problemas (complexos) Realização e crítica de demonstrações Análise crítica de teorias matemáticas A aplicação a situações complexas/modelação</p>
<p><i>Competências intermédias</i></p> <p>Compreensão de relações matemáticas (teoremas, proposições) Compreensão de uma argumentação matemática A resolução de problemas (nem triviais, nem muito complexos) A aplicação a situações simples</p>
<p><i>Competências elementares</i></p> <p>Conhecimento de fatos específicos e terminologia Identificação e compreensão de conceitos Capacidade de execução de “procedimentos” Domínio de processos de cálculo Capacidade de “leitura” de textos matemáticos simples Comunicação de ideias matemáticas simples</p>

Tabela 1 - Níveis de competências no saber matemático – Tirado de Ponte (1992)

Podemos ver na descrição destas competências que há o aparecimento aleatório das palavras “conhecimento”, formulação, resolução, análise, etc. Deste modo temos que as

peessoas que se debruçam na tarefa de definir o que seria a ciência denominada Matemática esbarram na questão chave: a matemática é um ramo do conhecimento humano ou uma ferramenta ou técnica de raciocínio? O ponto que desejamos levantar que do ponto de vista da filosofia da matemática podemos juntar em sua definição todas estas concepções, mas do ponto de vista da didática da matemática e da ciência da computação (sistema de informação, Inteligência Artificial, etc.) não devemos e nem podemos misturar estas visões da matemática. Isto é, concordamos que a matemática engloba em si um corpo de conhecimento e o desenvolvimento do raciocínio matemático. Mas na didática da matemática devemos ter bem claro esta distinção.

Finalmente a 9ª diretriz é consequência dos trabalhos de Jean Piaget [Ojose; 2008] sobre os estágios de desenvolvimento da inteligência ou capacidades cognitivas e de outros autores [Pontes, 2013; Souza e Guimarães, 2015; Ellis, 2007; Hanna, 2000] sobre o papel de resolução de problemas na compreensão e articulação dos saberes matemáticos no manuseio e compreensão de conceitos matemáticos. Podemos ler no NCTM:

A compreensão dos conceitos não se reduz a conhecer a sua definição – requer também perceber o modo como estes conceitos se relacionam uns com os outros e como podem ser usados na resolução de problemas. Além disso, a compreensão dos procedimentos passa não só pela sua aplicação, mas também por perceber a razão porque funcionam como podem ser utilizados e como podem ser interpretados os seus resultados (NCTM, 2009).

No caso dos livros didáticos de matemática vamos trocar as diretrizes 1, 2 e 3 pelas seguintes diretrizes:

8 – Matemática Construtivista: Deve-se definir os objetos e conceitos matemáticos elementares, em seguida definir suas propriedades e operações elementares para depois, de forma construtivista e antropologicamente, definir suas propriedades e operações complexas.

9 – Construção do saber matemático: Mostrar que a matemática é um conhecimento que se constrói e é ao mesmo tempo uma ferramenta. Que as definições, axiomas, teoremas são provados e servem como ferramenta intelectual para se construir as provas dos outros axiomas e teoremas.

Em uma 1ª etapa as provas devem ser atomizadas. Fornecer somente um postulado.

Em uma 2ª etapa devem ser introduzidas outras formas de provas ou mais postulados.

Em uma 3ª etapa os estudantes devem ser deixados livres, de uma maneira construtivista, para escolher a forma de se fazer a prova.

10 – Integração do corpo algébrico: Quando possível, a álgebra não deve ser apresentada como uma técnica de se resolver problemas aritméticos.

11 – Modelar o Saber: Mostrar como o saber matemático é utilizado nas outras ciências.

12 – Visualização do Saber: Mostrar, quando possível, que há tanto a forma algébrica como geométrica de provar um axioma ou teorema.

A 12ª diretriz provê da constatação que temos maior facilidade de compreensão dos conceitos matemáticos quando visualizamos (mentalizamos) estes. Deixando à parte o problema de na bibliografia em geral se confundir raciocínio geométrico com intuitivo, temos

que vários autores [Dundar, 2012; Reiss, 2008] defendem a ideia de que, quando possível, mostrar as duas possibilidades de demonstração de um teorema, a algébrica como a geométrica.

Vejamos o que Henri Poincaré, que conviveu com Einstein, Bohr e outros diz a respeito:

É impossível estudar as obras dos grandes matemáticos, ou mesmo as dos menores, sem perceber e distinguir duas tendências opostas, ou melhor, dois tipos de mentes inteiramente diferentes. O único tipo está acima de tudo preocupado com a lógica; para ler suas obras, somos tentados a acreditar que avançaram passo a passo, à maneira de um Vauban¹ que empurra as trincheiras contra o local cercado, sem deixar nada ao acaso. O outro tipo é guiado pela intuição e, no primeiro golpe, realiza conquistas rápidas, mas às vezes precárias, como cavaleiros ousados da guarda avançada. [Poincaré, 1913 page 210]

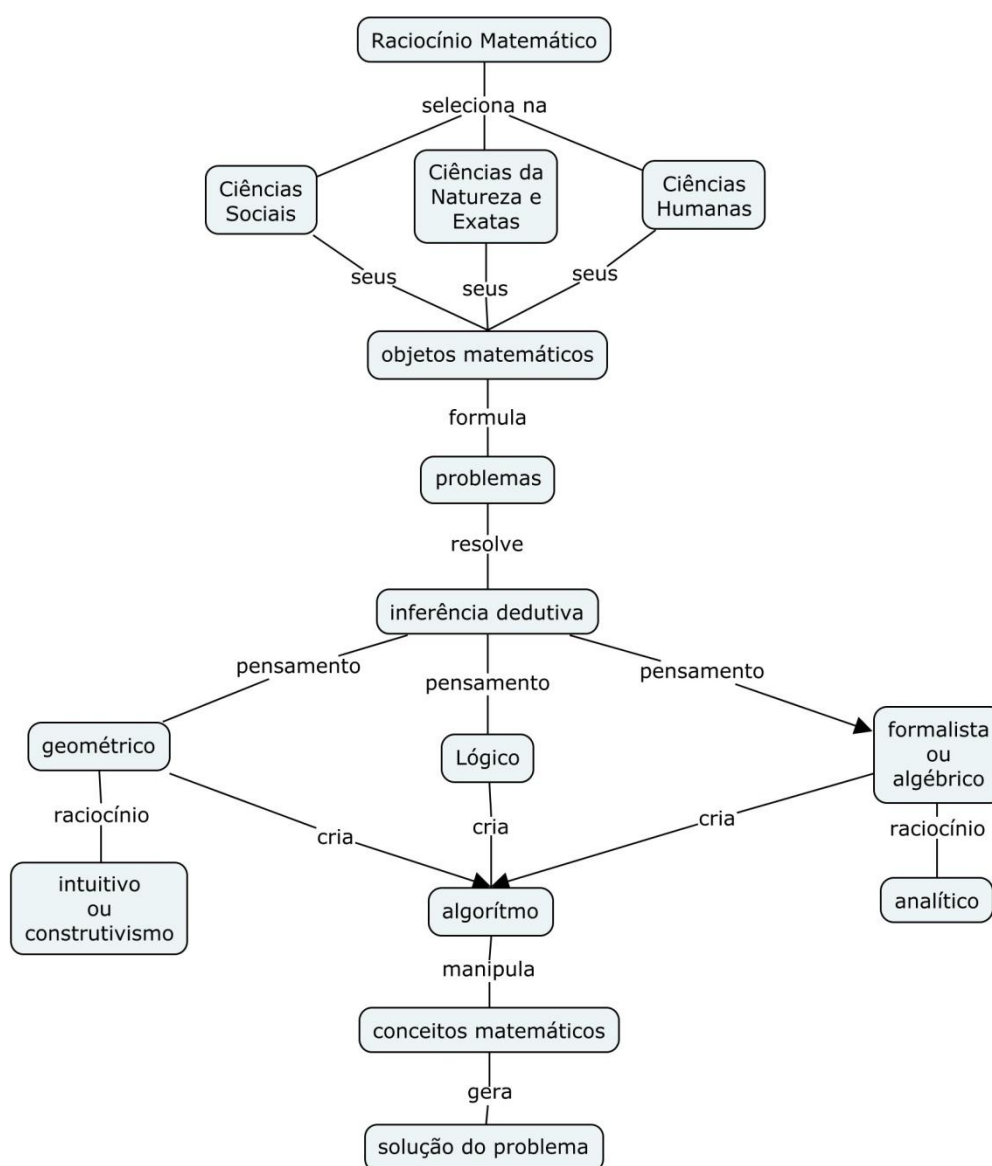


Figura 6 – Raciocínio Matemático

Ele apoiou seus argumentos contrastando o trabalho de vários matemáticos, incluindo os famosos analistas alemães Weierstrass e Riemann, relacionando isso ao trabalho dos estudantes:

Weierstrass reduz tudo ao ponto de vista de séries e suas transformações analíticas; para expressar melhor, ele reduz a análise a uma espécie de prolongamento da aritmética; você pode folhear todos os livros dele sem encontrar uma figura. Riemann, ao contrário, chama imediatamente a geometria em seu auxílio; cada uma de suas concepções é uma imagem que ninguém pode esquecer, uma vez que ele tenha entendido seu significado.

..... Entre nossos alunos, notamos as mesmas diferenças; alguns preferem tratar seus problemas "por análise," outros "por geometria". Os primeiros são incapazes de 'ver no espaço', os outros se cansam rapidamente de longos cálculos e ficam perplexos.

MODELOS MENTAIS

Como justificativa a introdução da diretriz 4 temos o fato de que diversos autores [Johnson-Laird, 1995 e 1987; Nersessian, 1992; Moreira, 2002] defendem a ideia de que os alunos ao raciocinar sobre um fato científico não usam modelos científicos, mas sim modelos mentais. Esse fato cognitivo originou um campo de pesquisa denominado de concepções prévias ou alternativas [Gilbert e Swift, 1985]. Assim, para que um dado conhecimento seja transposto pedagogicamente, ou seja, de acordo com os conhecimentos mais atuais da educação científica, este deve levar em consideração como os modelos científicos devem ser conectados aos dos alunos, garantindo uma aprendizagem significativa [Ausubel, 1977].

Mas, o que seria esses modelos usados pelos próprios alunos? Sem entrar em detalhes nas diversas formas ou tipos de raciocínios, temos que Johnson-Laird (1983, p 163) defende que as pessoas raciocinam através de modelos mentais. Modelos mentais, analogicamente a modelos da arquitetura, são como blocos de construção cognitivos que podem ser combinados e recombinaos conforme necessário. Como quaisquer outros modelos eles representam acuradamente ou não o objeto ou situação em si. Uma de suas características mais importantes é que sua estrutura se assemelha (analogicamente) a essa situação ou objeto [Hampson e Morris, 1996, p. 243].

Modelos analógicos são muitas vezes utilizados para se fazer pesquisa, criar, testar e comunicar ideias (Bent, 1984). A analogia é uma forma eficaz de explicar ideias novas desde que o explicador e o ouvinte entendam a analogia da mesma forma. A analogia é chamada de objeto familiar, experiência ou processo [Moreira, 2002]. Explicações analógicas funcionam quando o explicador e o ouvinte concordam com os mapeamentos analógicos que existem entre o analógico (conhecimento prévio) e o alvo (o conhecimento científico) e mapeamentos são ditos ser compartilhados quando ambas as partes concordam que o analógico é semelhante ao alvo desta ou daquela maneira.

Em outras palavras, modelo mental é uma representação interna de informações que corresponde, analogamente, ao estado de coisas que estiver sendo representado, seja qual for ele. Modelos mentais são análogos estruturais do mundo [Moreira,1996].

Como exemplo se tem o modelo atômico. Dependendo do nível de escolaridade ao perguntarmos o que seria o modelo atômico teríamos uma resposta diferente. O modelo de Thompson, o de Bohr ou da Mecânica Quântica. Assim, não existe um único modelo mental para um determinado estado de coisas. Ao contrário, podem existir vários modelos, mesmo que apenas um deles represente de maneira ótima esse estado de coisas. Cada modelo mental é uma representação analógica desse estado de coisas e, reciprocamente, cada representação analógica corresponde a um modelo mental [Moreira,1996].

Mas, há uma diferença básica entre modelos conceituais e modelos mentais (Gentner, 1983, apud Norman p. 8). Os modelos físicos são modelos conceituais, isto é, modelos construídos por pesquisadores para poderem elaborar suas teorias e que acabam por facilitar a compreensão ou o ensino de sistemas físicos. São representações precisas, consistentes e completas de fenômenos físicos segundo determinada teoria [Moreira, 2002]. Porém, os modelos dos alunos, ou de qualquer indivíduo, inclusive os que criam modelos conceituais, são modelos mentais, ou seja, modelos que as pessoas constroem para representar estados de coisas físicas (bem como estados de coisas abstratas) através de suas experiências ordinárias. [Johnson-Laird,1983; Moreira, 1996; Greca, 2002].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apresentamos acima uma tentativa de criar regras e normas para se estudar e classificar de como ocorre uma TD e de como seria a TD ideal. Como todo campo de conhecimento científico, principalmente das humanas, este é muito dinâmico e desafiador. De modo que estas regras devem ser consideradas dentro de sua atualidade científica e pedagógica. Elas são baseadas em anos de trabalho dos pesquisadores Chevallard, Izquierdo, Pietrocolla, Johnson-Laird, Nerssessian, Brousseaus e outros. Apesar de De Mello ter conseguido, através da análise dos livros didáticos usando como ferramenta mapeamento conceitual, provar algumas das ideias aqui propostas, pode ocorrer que seja necessário incluir, substituir ou reformular algumas destas.

Agradecimentos

Agradecemos à SBFísica pelo empenho e administração do mestrado nacional profissional em ensino de física (MNPEF), pois, esse trabalho é resultado da preparação de aulas para o curso de Mecânica Quântica para esse programa de mestrado. Agradecemos a CAPES pelo financiamento do MNPEF e indiretamente a este trabalho.

REFERÊNCIAS

Agranionih, N.T. (2001) – A Teoria da Transposição Didática e o Processo de Didatização dos Conteúdos Matemáticos. Educere – Revista da Educação, Toledo, PR, vol. 1, n-1, pg.3.

Alves-Filho, J.P. - *Atividades Experimentais: Do Método à Prática Construtivista*. Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis, 2000.

Aristides, M.A.M. (2018) & R.M.S. Santos - Contribuição para a Questão das Tecnologias Digitais nos Processos de Ensino-Aprendizagem de Música. **Revista da Abem**, v. 26, n. 40, p. 91-113, jan./jun. 2018.

Astolfi, J-P e Develay, M. - *A Didática das Ciências*. Papirus. Campinas, 1995.

Ausubel, D. The facilitation of meaningful verbal learning in the classroom. **Educational Psychologist**. Volume 12, Issue 2. (1977).

Ausubel, D.. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva** (1ªed.) Lisboa: Plátano Editora. (2003) (Written in Portuguese)

Bent, H. (1984). Uses (and abuses) of models in teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 61, 774-777.

Bolter, Jay David. "Hypertext and the question of visual literacy." *Handbook of literacy and technology: Transformations in a post-typographic world*(1998): 3-13.

Brockington, G. e M. Pietrocola, M.. Serão As Regras Da Transposição Didática Aplicáveis Aos Conceitos De Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências** – V10(3), pp. 387-404. (2005) (Written in Portuguese)

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble, La Pensée Sauvage.

Brousseau, G. (2004) - Les représentations : étude en théorie des situations didactiques. **Revue des sciences de l'éducation**, Vol. XXX, no 2, 2004, p. 241 à 277.

Chevallard Y. (1991) - **La Transposición Didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. La Pensée Sauvage, Argentina.

Chevallard, Y. (1982) & Johsua, M-A. - Un exemple d'analyse de la transposition didactique – La notion de distance. *Recherches en Didactique des mathématiques*. 3.2, 157-239.

Clement J. Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students». Preconceptions in Physics. **Journal of Research in Science Teaching**, 30(10), pp. 1041-1057. (1993).

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, 75(6), pp. 649-672. (1991).

Ellis, A.B. (2007) – Connections Between Generalizing and Justifying. *Journal of Research in Mathematics Education*. Vol. 38, No 3, 194.

Ernest, P. (1994). **The philosophy of mathematics and the didactics of mathematics**. Didactics of mathematics as a scientific discipline, Springer.

Flick L. 'Where Concepts Meet Percepts: Stimulating Analogical Thought in Children', **Science Education** 75(2), 215-230. (1991).

Freire, P. (1997) - **Educação como prática da liberdade**. Editora Paz e Terra. Rio de Janeiro, 1986.

Gentner, D., and D. Gentner. "Flowing waters or teeming crowds: Mental models of electricity (pp. 99-129)." *Mental models*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates (1983).

Gentner, Holyoak, Kokinov; (2001). The Analogical Mind. **Perspectives from Cognitive Science, 2001**.

Gilbert, J. K. (1985); Swift, D.J. - Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education* Volume 69, Issue 5, pages 681–696, October 1985.

Glencoe Science. **Physics, Principles and Problems**. The CMGraw-Hill Companies, Inc. (2005).

Haltè, J.F. (2008) - O Espaço Didático e a Transposição. **Fórum Lingüístico, 5 (2): 117-139, Florianópolis**.

Hampson, P.J. and Morris, P.E. (1996). Understanding cognition. Cambridge, MA: Blackwell Publishers Inc.

Hanna, G. (2000) - Proof, Explanation And Exploration: An Overview. **Educational Studies in Mathematics 44: 5–23, 2000**

Ingham, A. 'The Use of Analogue Models by Students of Chemistry at Higher Education Level', **International Journal of Science Education 13(2)**, 193–202. (1991).

Izquierdo-Aymerich, M., Hacia Una Teoría De Los Contenidos Escolares. **Enseñanza de las ciencias**. (2005). Available in: <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v23n1/02124521v23n1p111.pdf>. Accessed on 12/11/2014

Izquierdo-Aymerich, M. & Adúriz-Bravo, A. - **Epistemological foundations of school science**. - Science & Education, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands. Pg. 23. (2003)

Izquierdo-Aymerich, M., Sanmartí, N. & Spinet, M.. Fundamentación Y Diseño De Las Prácticas Escolares De Ciencias Experimentales. **Enseñanza De Las Ciencias**, 17 (1), 45-59. (1999)

Jacobson, Michael J., and Anthi Archodidou. "The design of hypermedia tools for learning: Fostering conceptual change and transfer of complex scientific knowledge." *The Journal of the Learning Sciences* 9.2 (2000): 145-199.

Johnson-Laird, P. N. **Mental Models**. 6th Edition. Printed in USA. Cognitive Science Series. (1995).

Johnson-Laird, P. N. Modelos mentales en ciencia cognitiva. NORMAN, D. A. **Perspectivas de la ciencia cognitiva**. Barcelona: Ediciones Paidós, p. 179 - 231. (1987).

Kuhn, T. **The Structure of Scientific Revolution**. Chicago. The University of Chicago. (1970). **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Coleção Debates. Ed. Perspectiva. (1998).

Latour, Bruno. **Pandora's hope: essays on the reality of science studies**. Harvard University Press, 1999.

Lemke, Jay L. "Metamedia literacy: Transforming meanings and media." *Handbook of literacy and technology: Transformations in a post-typographic world* (1998): 283-301.

Mata-Pereira, J. (2013) & J.P. Ponte – Desenvolvendo o raciocínio matemático: Generalização e justificação no estudo das inequações. **Boletim GEPEM, N – 62, jan./Jul. pg. 17-31.**

de Mello, L. A. Concept Maps as a Tool for Evaluation of Modern Physics Contents in Textbooks. **Investigações em Ensino de Ciências. To be publish.** (2016a).

de Mello, L. A. The use of Concepts Mapping in the Science Paradigm Transposition and the Cognitive Science Theory – The Case of Black Body Radiation. **Investigações em Ensino de Ciências. To be publish.** (2016b).

de Mello, L. A. (2016c) - The Use of Concept Maps in the Evaluation of Cognitive Models of Science. The Photoelectric Effect. **Investigações em Ensino de Ciências. To be publish.** (2016c).

Monteiro, Silvana Drumond. "The eletronic form of hypertext: the knowledge representation versus the information representation." *Ciência da Informação* 29.1 (2000): 25-39.

Moreira, M. A. (1991), Modelos Mentais. *Investigações em Ensino de Ciências – V1(3)*, pp.193-232, 1996.

Moreira, M. A., I. M. Greca, and M^a L. R. P. - "Modelos Mentales Y Modelos Conceptuales En La Enseñanza & Aprendizaje de Las Ciencias 13 (Mental models and conceptual models in the teaching & learning of science)." **Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências** 2.3 (2002): 84-96.

NCTM (2009). **Princípios e Normas para a Matemática Escolar**. Lisboa: APM, 2009.

Nersessian, N.J. (1992) - **How do Scientist Think? Capturing the dynamics of Conceptual Change in Science**. Cognitive models of science, pg.3. (1992).

Novak, J. D. & Cañas, A.J. The Theory Underlying Concept Maps and How to Construct Them. **Technical Report IHCM CmapTools 2006-01**. (2006). Available in: http://www.vcu.edu/cte/workshops/teaching_learning/2008_resources/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf. Accessed on 01/05/2014

Ojose B. (2008) - Applying Piaget's Theory of Cognitive Development to Mathematics Instruction. **The Mathematics Educator, 2008, Vol. 18, No. 1, 26–30**

Pinto, N.B. (2003) - Contrato Didático ou Contrato Pedagógico? **Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v. 4, n.10, p.93-106.**

Ponte, J.P. (1992) - **Concepções dos Professores de Matemática e Processos de Formação**. Educação matemática: Temas de investigação (pp. 185-239). Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

Schnotz, W. (2005) - "An integrated model of text and picture comprehension." **The Cambridge handbook of multimedia learning: 49-69.**

Souza, M.A.V.F. (2015) & H.M. Guimarães - A formulação de problemas verbais de matemática: porquê e como. *Quadrante*, Vol. XXIV, Nº 2, 2015

APENDICE

PROJETO DE PESQUISA

DETERMINANDO A PERCEPÇÃO DO CONTRATO PEDAGÓGICO SEGUNDO BROUSSEAU POR ESTUDANTES DO FUNDAMENTAL 1 *UMA ABORDAGEM ATRAVÉS DE INTERPRETAÇÃO DE PROBLEMAS DE MATEMÁTICA.*

RESUMO: Vamos aplicar um conjunto de problemas de aritmética, cuja solução resulte em somas ou subtrações dos dados fornecidos, a um grupo de tantos mil alunos. Dividiremos estes problemas em duas etapas. Em uma primeira etapa, que deve ocorrer no final das “aulas de somas”, aplicaremos somente problemas que resultem em somas. Na segunda etapa, que deve ocorrer no final das “aulas de subtrações”, aplicaremos problemas que resultem em subtrações. No meio desta segunda série de problemas haverá um, exemplo abaixo, mal formulado cuja interpretação leve a uma soma. O intuito é observarmos os alunos que: a) não atingiram o “ponto” de aprendizagem significativa do tema (interpretar problemas de subtração); b) atingiram o “nível” de aprendizagem significativa. Em relação ao problema dúvida: a) observarmos os alunos que interpretaram o problema, mas como este não estava no escopo, contrato pedagógico, não o resolveram; b) aqueles que o interpretaram corretamente e realizaram a soma; c) e aqueles que o resolveram, subtraindo, através da interpretação do contrato pedagógico. Para isso faremos a análise estatística (correlação) entre os dados e através das gravações e entrevistas com os alunos.

Introdução

É muito comum no decorrer da correria do dia a dia da carreira docente, ao elaborarmos um problema dentro de um contexto educacional, termos em mente uma coisa e escrevermos outra coisa. Isto acarreta que algumas vezes no meio de uma avaliação ou aula normal alguns estudantes nos indagam: professor! O senhor não se enganou e queria escrever isto? Estes estudantes, por terem estudado ou capacidade cognitiva inata, percebem

que o texto leva a uma interpretação que não está de acordo com o contrato pedagógico ou tema do conteúdo a ser ministrado. Após esta intervenção dos nossos alunos ficamos com aquela impressão em algum lugar na memória, aqueles alunos são muito bons. Questão para educação: a) será que poderíamos validar esta informação? B) como transformação essa informação em um fato ou informação pedagógica? C) podemos teorizar ou criar uma lei ou princípio através de uma observação científica deste fato? D) Isto seria uma prova da existência do contrato pedagógico segundo Brousseau? Durante esta pesquisa faremos um acompanhamento das avaliações de interpretação de texto por parte destes alunos para podermos nos certificar que a incompreensão do texto se restringe aos problemas de matemática.

Modelos de problemas:

Tipo soma

- 1) Anderson está jogando figurinhas com Ricardo. Eles apostam 3 figurinhas em cada jogada. Se Ricardo ganhou duas rodadas consecutivas quantas figurinhas Anderson deve para Ricardo?

Tipo Subtração

- Anderson está jogando figurinhas com Ricardo. Eles apostaram 8 figurinhas na primeira jogada. E apostaram 5 figurinhas na segunda rodada. Se Anderson ganhou a 1ª rodada e Ricardo a 2ª quantas figurinhas Ricardo deve para Anderson?

Questão dúvida

- Anderson está jogando figurinhas com Ricardo. Após a 1ª jogada Anderson deve 20 figurinhas para Ricardo. Agora Ricardo deve 15 figurinhas para Anderson. Quantas figurinhas Anderson deve para Ricardo?

Vejam que dentro do tópico subtração esta pergunta não tem sentido. Pois se Anderson devia 20 e agora Ricardo deve 15 significa que eles apostaram $20 + 15 = 35$ e Anderson ganhou. Mas alguns alunos irão notar que a aula é de subtração, então, eles vão subtrair de acordo com o contrato pedagógico, como documentado em trabalho apresentado no EIAS. Mas as pedagogas não perceberam isto e deixaram esta joia para nós.

Cabe a nós desenterrar este tesouro da cognição humana.